SWL-Ⅱ微机励磁装置技术说明书

一、 概述

长江水利委员会陆水自动化设备厂(武汉市陆水自动控制技术有限公司)为国内资深的自动控制设备制造厂商，早在上世纪 60 年代末就研制出我国第一代可控硅励磁装置。近年来，通过体制创新，企业焕发出蓬勃的活力，发展成为集科研、设计、生产为一体的高新科技企业。

SWL-Ⅱ型同步电机微机励磁装置是我厂研制的、具有完全知识产权的新一代智能型产品。它适应了当前电力系统的特点和发展的趋势，将国内外最新科技成果与我厂 30 余年设计制造实践经验融为一体，具有高智能化和高可靠性的显著特点，是发电厂理想的控制设备。

SWL-Ⅱ型双通道微机励磁装置采用先进的全数字交流采样技术，调节器软件功能强大，励磁系统的调节、控制功能全部实现数字化、智能化，包括交流采样计算、纯无功调差、励磁限制与保护，触发脉冲移相与输出，开关量采集、逻辑判断、故障自诊断等。通讯规约齐全、全面支持远方微机监控。液晶屏全汉化显示，可在线整定、修改各种参数并能储存与固化，极大地方便了人机对话。电路简洁，抗干扰性能好，容错能力强，运行安全可靠。

SWL-Ⅱ型微机励磁装置适用于各种容量和主接线方式的大、中、小型水力、火力同步发电机组以及同步电动机组，实现发电机的自动电压调节、无功自动调整和自动分配，可作单机、并网以及调相运行，可进行准同期或自同期并列操作，能方便、快捷的满足机组以及电网的各种运行要求。

SWL-Ⅱ型双通道微机励磁调节器标准配置采用 CMOS 嵌入式微处理器(美国 INTEL 公司)、EPM71285 大规模高集成度可编程系统(美国 ALTERA 公司)、双液晶显示屏；扩展配置(由用户选择)：可加配 S-200 PLC 可编程控制器(德国西门子公司)、I7188 工控机(台湾威达公司)、GP2301 触摸显示屏(日本数字公司)等。

二、 使用环境

1．海拔高度不超过 3500 米；

2．周围环境温度-20℃~+50℃；

3．平均相对湿度不大于 90%；

4．没有导电及易爆尘埃和无腐蚀性气体,无剧烈振动;

5．污染等级 3 级；

6. 垂直倾斜度不大于 5 度，无剧烈振动

三、主要功能及特点

1．定子电压和定子电流交流采样

发电机定子电压和定子电流经 PT 和 CT 副方转换、隔离、滤波后直接进入 A/D 转换。CPU 每周 12 次采样并存储，每采样 6 次后（半周期）微机系统依此计算发电机定子电压 U_F、定子电流 I_F，有功功率 P、无功功率 Q、视在功率 S、功率因素 COSψ等所有电参数，本机计算方法采用 12 点交流采样算法。

2．起励

- 残压起励：机组启动频率正常，即可显示发电机残压，残压若满足起励要求，便可正常实现残压起励。
- 直流它励：它励直流的起励电流不大于 10%空载额定励磁电流。
- 交流它励：为减小它励合闸电源容量，设置了交流它励方式，与直流它励互为备用
- 系统电压跟踪：具有自动零起升压和系统电压跟踪功能，接到建压令后自动将发电机电压从零逐步递升到与系统电压一致，从而保证起励无超调无振荡，可使发电机电压快速达到同期要求，当外界有增减磁操作时，系统电压跟踪功能解除（但不能替代发电机同期装置的功能）。

3．励磁系统限制及发电机保护

- PT 断线保护：独立可靠的 PT 断线切换及信号输出回路。
- 整流桥风机停风及断臂保护：励磁故障状态，限制强励动作。
- 励磁脉冲检测：采用 20KHZ 脉冲列触发技术，从脉冲变压器副边的输出检测，真实可靠。
- 发电机过压保护：同时设有发电机过压与空载励磁电流限制双重保护。
- 励磁电流限制：设有励磁电流强励顶值限制（瞬时）、过励限制（反时限）。
- 发电机欠励保护：设有矢量功率圆的最小励磁电流限制，避免发电机欠励运行。
- 发电机过无功保护：避免发电机超容量运行时引起转子过热，影响正常使用寿命，因此当发电机无功连续 3 分钟超过 1.1 倍额定无功功率时，限制器将动作。
- 发电机 V/F 限制：V/F 限制用于发电机空载时,防止频率过低时引起的过磁通.发电机频率 F>47.5HZ 时,V/F 限制器不参于调节,当.发电机频率 43HZ<F<47.5HZ 时,V/F 限制器按一定比例减少发电机机端电压。
- 其 它：

发电机低周保护：当 F 小于 43HZ 时,调节器投入逆变状态。

发电机失磁保护：当发电机在并网运行时,若同时出现发电机进相运行及励磁电流过低,可发失磁保护。

4．励磁信号输入/输出

- 模拟量信号：发电机电压（～100V)、发电机电流（～5A）和励磁电流（75mv）通过隔离变换，以电流形式输入，线性好，精度高。
- 开关量信号：输入/输出信号全部通过继电器或光藕隔离。
- 其它信号：由变送器提供独立的 4-20mA 励磁电压、电流输出信号。

5．调节器控制规律

- PID 控制：以发电机电压、励磁电流或功率因素为对象的基本控制。
- 变增益自适应 PID：以发电机电压或励磁电流为对象，在不同运行状态时，能自动改变 P、I 参数使系统达到最优控制。
- PID+PSS：以发电机电压为对象，综合发电机有功、无功、频率的电力系统稳定控制。

6．纯无功调差

- 纯无功调差率系数整定：调差率可在±25%范围内根据需要在线整定、修改并固化。
- 纯无功调差极性整定：发电机无须并网试验，空载即可识别每一相 CT 的正负接线极性。

7．运行方式选择：

- 恒发电机电压（AVR)：以发电机电压为调节对象。
- 恒励磁电流（AER)：以发电机励磁电流为调节对象。
- 恒功率因数（AFR)：以发电机电压或励磁电流为调节对象，自动跟随发电机有功变化，保持功率因数 COSΦ基本恒定。

8．人机界面

- 界面形式：标准配置为双液晶显示屏，可显示汉字或英文字母；菜单式结构，在线查阅、修改、设置参数，以及进行阶跃试验等。
- 可选配液晶触摸屏(单屏)。

9．通道配置

- 单微机通道：具备完整功能，经济实用。

双微机通道：采用完全独立的双通道调节器，正常时，一通道工作，另一通道备用，备用通道跟踪工作通道，双通道之间采用 RS232 通信。相互切换无扰动。

10．供电电源

- 交流厂用电源系统：能提供所有等级的工作电源，与直流系统互为备用。
- 直流控制电源系统：能提供所有等级的工作电源，与交流系统互为备用。

11．脉冲列触发技术

- 可控硅的触发采用脉冲列触发方式，既可保证有效触发，又能降低可控硅的功耗。且在脉冲变副边将脉冲读回供检测用。

12．机组升压前，若频率正常，可显示残压，在并网前，可直接显示 CT 的极性。

四、主要技术参数指标

- 调节范围：10%～130%额定发电机电压
- 电压调整精度：≤0.4%
- 频率特性：在 50HZ±5HZ 范围内，≤±0.1% / 0.5HZ
- 零起升压：无超调，无振荡，起励时间≤5S
- ±10%阶跃：超调量＜2%，振荡次数＜1 次，调节时间＜1 S
- 调差率整定范围：±25%，1%分档
- 调节时间：10ms
- 励磁系统电压响应时间：上升≤0.08S，下降≤0.15S，
- 触发脉冲移相范围：35°～175°，脉冲列，对称度≤1°
- 抑制过电压能力：突甩 100%负荷，发电机电压上升率≤5%额定
- 控制规律：PID，变增益自适应 PID ，PID+PSS
- 运行方式选择：恒发电机电压（AVR）、恒励磁电流（AER）、恒功率因数（AFR）、恒无功（AQR）及试验方式（恒控制角）。
- 扩展功能：发电机低周保护，发电机失磁保护等
- 供电电源：交流厂用电源 AC220±15%　　直流控制电源 DC220V（110V）±10%
- 模拟量输入：

- 发电机励磁 PT　　AC 100V
- 发电机仪用 PT　　AC 100V
- 系统母线 PT　　AC 100V
- 发电机定子电流 CT　AC 2ψ5A
- 发电机励磁电流　　DC 75mv

- **开关量输入：**

1. **灭磁开关**
2. **开机令**
3. **停机令**
4. **风机停风**
5. **快熔熔断**
6. **脉冲消失**
7. PT **断线**
8. **增磁**
9. **减磁**

- **开关量输出**

1． **六路脉冲输出**

2． **故障信号**

A．**过流** B．**最大电流限制** C．**低励限制** D．PT **断线**

E．**脉冲消失** F．**快熔熔断** G．**风机停风**

3、**事故信号：**A.**失磁** B.**过压**

五、容错功能

1．测量 PT 断线容错：若励磁测量互感器发生故障，该装置会自动转接仪用测量互感器，不影响机组正常发电运行。

2．触发脉冲同步信号容错：设置工作回路和备用回路，若工作回路发生故障，备用回路开始工作，不影响正常发脉冲。

3．电源系统容错：交流厂用电与直流厂用电互为备用，若任一路厂用电消失，不影响正常发电运行。

4．油开关接点信号容错：当油开关接点异常时，不影响正常发电运行。例如：若并网后，油开关接点断开，但带有一定的有功或无功，微机会认定油开关接点故障而继续运行在并网状态。

5．增减磁容错：

⑴ 在发生下列情形时增磁无效：

A、 过励。 B、Ug>Umax。 C、过无功。 D、过压。

⑵ 在发生下列情形时减磁无效：欠励限制动作。

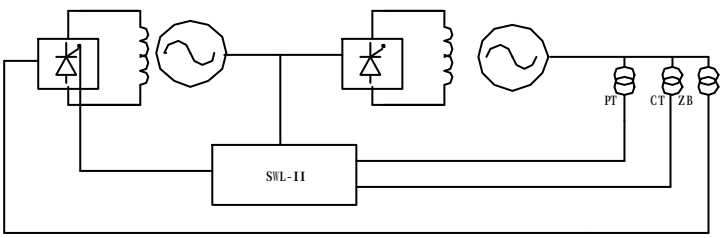
⑶ 连续按键操作时间≤5 秒，以防操作接点粘连。

6．运行方式容错：若在单机运行时，恒功率因素运行方式被视为非法，直接转入恒压运行方式。

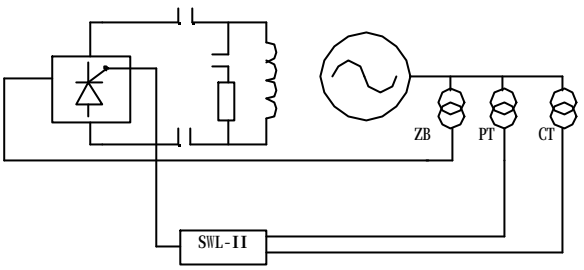
7．调节器容错：若工作通道出现故障，备用通道会自动转为工作通道，并将原工作通道转为备用通道。

六、典型应用方案

交流励磁机间接自励系统

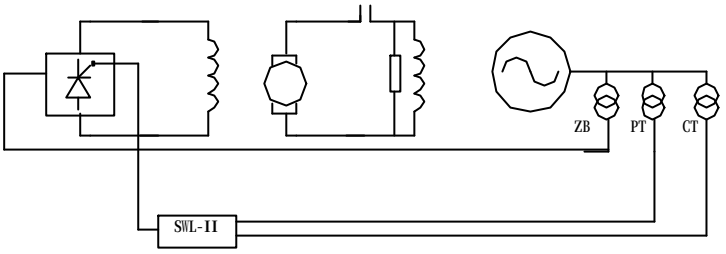


1、自并激

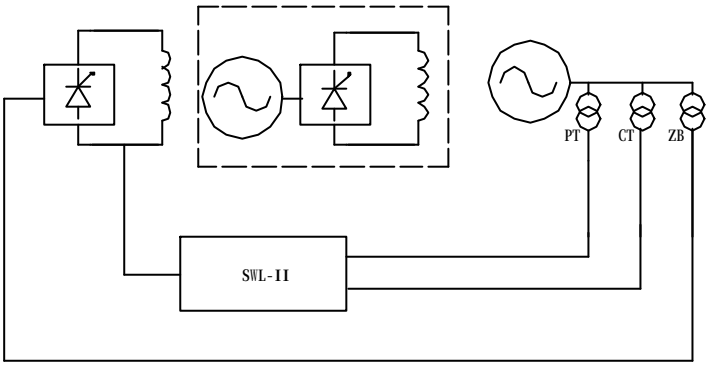


自并激系统

直流励磁机间接自励系统



无刷励磁系统



七、技术标准

本装置满足 GB1085—89**“中小型同步电机励磁系统基本技术要求”的各项要求，部分指标和性能优于该标准，同时** GB7409—87 **及** DL/T583—1995 **等有关标准作为本装置的参考标准。**

八、工作原理

㈠．硬件原理：励磁系统原理框图

以自并激励磁系统（见图 4）为例，发电机电压 UF 由一路励磁专用测量 PT1（～100V）和另一路仪用保护测量 PT2（～100V）测量后，输入到励磁装置的 PT 断线切换保护装置中，

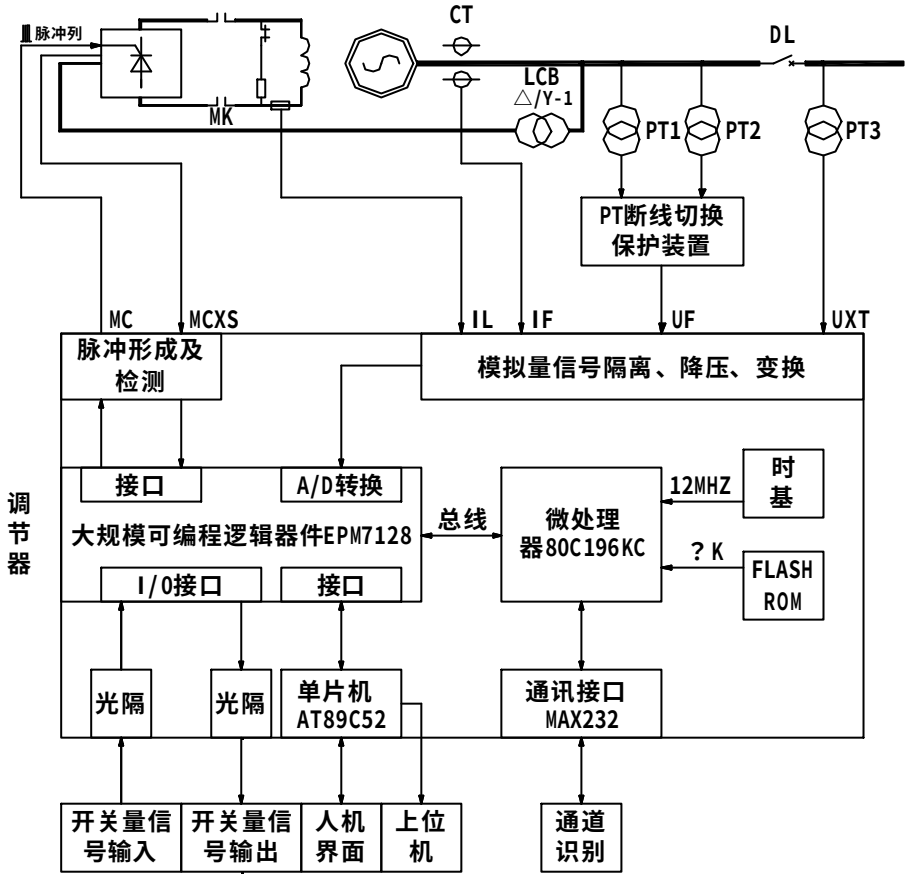


图 4

PT 断线切换保护装置再输出其中一路测量电压（PT1 正常时，输出 PT1；PT1 故障，PT2 正常时，输出 PT2）至微机调节器内。系统电压 UXT 由一路系统测量 PT3（～100V）测量后，输入到微机调节器内。发电机电流 IF 由 A、C 两相励磁专用测量 CT（～$5A_{MAX}$）测量后，输入到微机调节器内。发电机励磁电流 IL 从分流器的 75mv 获取，经过霍尔传感器隔离、变换输入至微机调节器内。上述发电机的模拟量采样信号经隔离、降压、滤波后进行 A/D 变换，由微处理器计算出实时的发电机电压 UAB∠、UBC∠，系统电压 UXT，发电机电流 IA∠、IC∠，励磁电流 IL，有功 P∠，无功 Q∠，功角 θ ∠等电量参数，再与给定 Uf（ILg）进行比较，按控制规律运算后产生三相可控硅整流桥的触发角 α，从而来改变励磁电流的大小。以恒发电机电压（AVR）的控制规律为例，框图如下(图 5)：

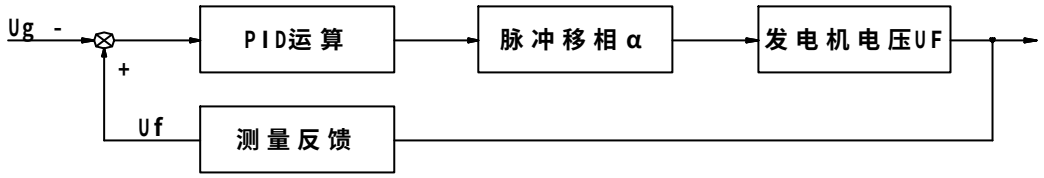


图 5

当机端电压低于给定值时，增大励磁电流，否则减小励磁电流，当运行在其它方式时原理同恒压方式。

起励电源选自 DC220V 直流系统，起励电流为 10A 左右，当发电机电压上升到额定值的 13%时自动切除起励电源，进入正常运行方式。

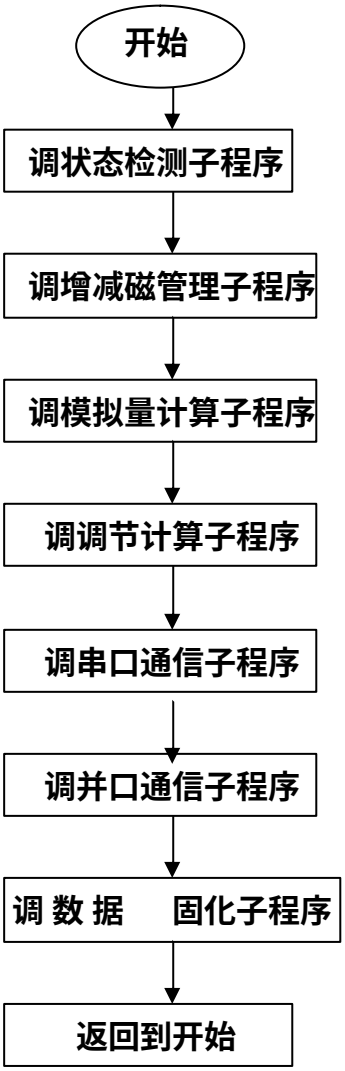
主回路采用三相全控桥式整流电路，可快速逆变灭磁。

㈡．励磁系统程序流程框图

1、软件设计说明

计算软件由主程序、各子程序及中断程序完成，主程序完成开关量巡检、串行口通信、模拟量计算等工作，中断程序完成模拟量采集，脉冲触发等功能，各子程序模块完成各功能。

主程序：



其它功能程序图省略。

其中励磁电流限制器程序对励磁电流的限制过程如下：

- 励磁电流强励顶值限制：若发电机励磁电流超过 IL_{max}（根据强励倍数而定）时，则调节器程序限制器立即动作，使发电机励磁电流不超 IL_{max}。
- 励磁电流过励限制：当发电机励磁电流长时间超过 1.1 倍额定励磁电流 ILe 运行时，设超过值为△i=IL－1.1·ILe，程序对 $E=\int \triangle i^2 \cdot dt$ 开始积累，若 E>Emax 则限制器动作，使励磁电流 IL 下降到额定励磁电流 ILe。
- 励磁电流低励限制：若发电机实时无功小于 $Q_{min}=KQ+B$ 时，则自动增磁，使无功大于 Q_{min}。
- 状态检测子程序：检测励磁装置的各种输入的开关量及发电机的运行工况。
- 增减磁管理子程序：发电机的增减磁管理及阶跃试验。
- 模拟量计算子程序：计算出发电机机端电压、有功、无功、励磁电流、功率因数等电量参数。
- 调节计算子程序：根据发电机机端电压、励磁电流、无功计算出脉冲的触发角 AF。
- 串口通信子程序：两通道之间的通信，工作通道发送 AF 给备用通道，同时备用通道监视工作通道，当工作通道出现故障时，备用通道自动转为工作通道。
- 并口通信子程序：与 89C52 通信，实现数据的上传与接收。
- 中断子程序：完成同步中断、模拟量采集、脉冲形成等功能。
- 数据固化子程序：当调差系数 K、比例系数 UKP、积分系数 UKI、微分系数 UKD 修改且灭磁开关断开时，程序将相关参数固化。

三)、励磁操作系统原理

1. 励磁系统开/停机流程

开机：当发电机励磁系统接收到开机令（KJL）后，励磁调节器开始工作，启动运转达到亚同步转速 n=95%ne 时，，则调节器合灭磁开关并发出投励令（TL）投励；若起励不成功，则调节器发出投励失败信号（TLSB）并在显示屏显示。

停机：当发电机解列后，励磁系统接收到停机令（TJL）时，逆变灭磁，调节器停止工作。

2. 励磁系统增/减磁

增磁：励磁系统接收到增磁令（ZC）后，励磁调节器给定增加。

减磁：励磁系统接收到减磁令（JC）后，励磁调节器给定减少。

3． 灭磁开关合闸/跳闸

合闸：励磁系统接收到合闸令（HMK）或开机令（KJL）后，灭磁开关合闸。

跳闸：励磁系统接收到跳闸令（TMK）、发电机机组保护动作信号（BCJ）或励磁系统保护功能动作后，灭磁开关跳闸。

4． 励磁系统它励

它励：在励磁系统处于手动调节工作状态时，励磁系统采用直流它励方式起励建压。同时，它励可用于发电机转子静止短时间（5 秒/次，间隔时间略长）小电流充磁（充磁电流 I≯U_{HM}/23）。

5、整流桥风机运行控制

励磁系统整流桥风机的工作电源为单相交流～220V。

自动：励磁系统接收到开机令（KJL）后，风机自动运行；接收到停机令（TJL）后，风机自动停止。

手动：利用手动旋纽控制整流桥风机“开”或“关”。

四)、电源系统工原理

励磁系统的工作电源分为+24V、+12V、+5V 和-12V 四种电压等级。这四种等级的电压同时由交流厂用电源系统和直流控制电源系统提供，互为热备用，如下图 7。

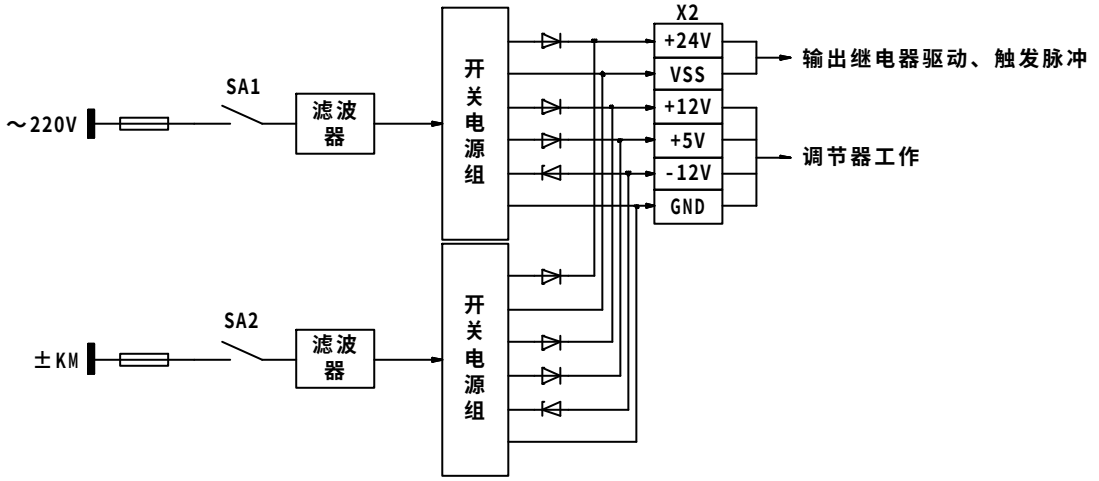


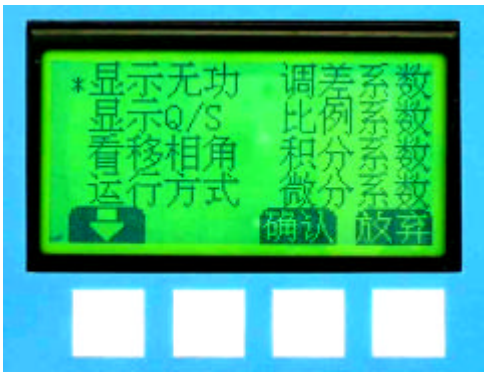
图 7

九、人机界面

SWL-Ⅱ型励磁控制装置上装有一个 160×80 点阵的液晶显示器,其下方有 4 个按键(如右图)，开机后称为主显示页面。

主显示页面 U_F=*****显示当前发电机的定子电压；I_L=*****显示当前的发电机转子电流；U_G=*****显示当前的定子电压的给定值，它和文字在第 4 行第 15 列中的文字配合，可以按照当前装置的运行方式，改变为：I_G=*****，Q_G=*****即励磁电流、发电机功率因数的给定值。主显示页面的第 1 行第 13 列处，根据装置的要求，可显示“开机”、“灭磁”字样；当发电机并网后，将在第 1 行第 15 列处，显示“并网”字样；当发电机发生欠励、过励时，将在第 2 行第 13 列处显示“欠励”、“过励字样”；当装置产生强励限制后，将在第 1 行第 15 列处显示“强励”字样；当发电机频率≥45HZ 时,将在将在第 3 行第 13 列处显示“频率正常”字样。第 3 行第 1 列处复位后为“Q”，在“设定”页面中，若选择“显示 Q/S”则为“Q/S”， 若选择“看移相角”，则为“AF”。主显示页面的最下一行为键盘使用提示行，用反白的中文显示，说明对应的按键按下之后将产生的作用。

当按下↓ 或 ↑键时，显示器转入主给定值输入页面（运行方式选择），即装置在恒压方式运行时，将可修改转子给定电压的给定值；装置在恒流方式运行时，将可修改转子给定电流的给定值；装置在恒功率因数方式运行时,将可修改功率因数的给定值。如右图。

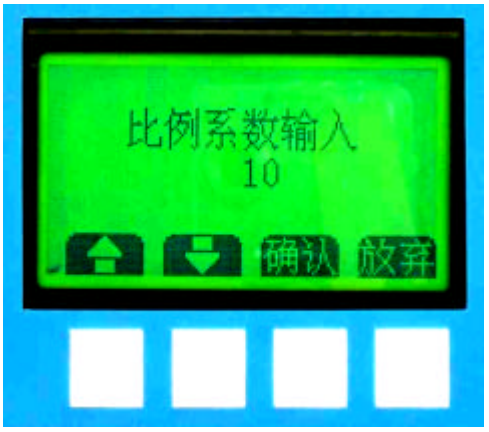


按确定，给定值将送给主机并返回主页面，按放弃则返回主页面。

按主页面的设定键，则显示页面如右：

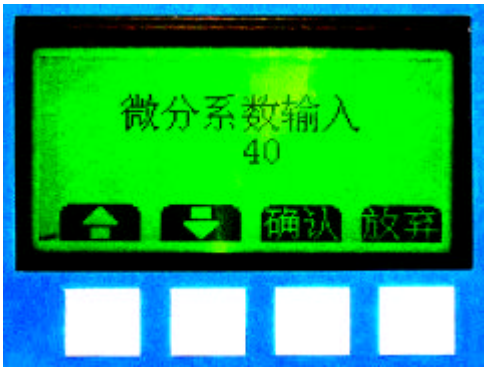
按“↓”键，将“*”号移在“显示无功”处，按“确定’键,则在主页面第 3 行第 1 列处显示无功‘Q”，将“*”号移在“显示 Q/S”处，按“确定”键，则在主页面第 3 行第 1 列处显示“Q/S”,将“*”号移在“看移相角”处，按“确定”键，则在主页面第 3 行第 1 列处显示移相角“Ar”，显示的 Q，Q/S，AF 同相应的真值成正比。按↓键，将“*”号移到“运行方式”、“调差系数”、 “比例系数”、“积分系数”、“微分系数”，按“确定”进入相应页面，按“放弃”回到主页面。当进入“运行方式选择”页页面时，按↓键，将*号移到相应的运行方式，按“确定”进入相应的运行方式，按“放弃”回到主页面。

当进入“比例系数”页面时，按下 ↓或 ↑ 键，可改变当前的比例系数，按“确定”保存，按“放弃”回到主页面。



当进入“积分系数”页面时，按下 ↓或 ↑ 键，可改变当前的积分系数，按“确定”保存，按“放弃”回到主页面。如图。

当进入“微分系数”页面时，按下 ↓或 ↑ 键，可改变当前的微分系数，按“确定”保存，按“放弃”回到主页面。如下图。



当进入“调差系数”页面时，按下↓或 ↑ 键，可改变当前的调差系数，调差系数 K 的取值范围为“1~255”。当调差系数 K 为 127 时，调差为零；当调差系数 K 小于 127 时，则调差为正调差；当调差系数 K 越小时，则正调差系数越大，实际计算为“K-127”；当调差系数 K 大于 127 时，则调差为负调差；当调差系数 K 越大时，则负调差系数越大，实际计算为“K-127”，按“确定”保存，按“放弃”回到主页面。如右下图：

若在运行时修改了积分系数或调差系数，则当发电机组停稳并跳开灭磁开关后，微机会自动将改动参数固化。

十、 通讯接口

1、硬件接口形式：为RS485口，要求SWL-Ⅱ型励磁装置到到RS485主控装置的RS485总线上没有其它的RS485通讯设备，以免发生不可预料的通讯故障。

2、通讯规约

本装置采用RS485通信协议。以下规则确定在回路控制器和其他设备之间的通信规则：

2．1 所有RS485 回路通信应遵照主/从方式,在这种方式下信息和数据在单个主站和最多32 个从站(监控设备)之间传递;

2．2 主站将初始化和控制所有在RS485 通信回路上传递的信息;

2．3 无论如何都不能从一个从站开始通信;

2．4 所有RS485 环路上的通信都以“打包”方式发生。一个包就是一个简单的字节串(每个字节8位)一个包中最多可含255 个字节组成；

2．5 主站发送的包称为请求，从站发送的包称为响应；

2．6　任何情况下，从站只能响应主站的一个请求。

2. 7 通讯数据格式

采用8位数据位、无校验位、1位停止位、19200波特的通讯格式。

2.8 网络时间考虑

在RS485 网络上传送包，需要遵循以下有关时间的规定：

2.9 主站请求包结束到从站响应包开始之间的时间，最小为20毫秒最大为250毫秒典型值为60毫秒。

2.10 从站响应包结束到主站下一请求包开始之间的时间典型值为100毫秒。

2.11 包中相邻两个字节之间的最大时间，依据通讯波特率不同而不同，一般来说最大字节时间为3倍的字节发送时间。在19200 波特率下字节间隔为2毫秒。

2.12异常响应：如果主站发送了一个非法的包给SWL-Ⅱ时,SWL-Ⅱ将不予理睬

十一、励磁系统运行与维护

一．励磁系统运行基本操作

1．励磁系统开机前检查

开机前，电源系统应正常；两个显示屏应一个显示工作，另一个显示备用；当正常运行时，运行方式应为恒压，给定应为 6000V 或 10000V；应无故障显示。

2．励磁系统自动开机

当励磁系统收到开机令后，若频率正常，则自动合灭磁开关、起励升压，然后跟踪系统电压。此时当励磁系统收到增减磁令后，则停止跟踪系统电压。机组并网后，若出现低励时励磁系统会自动增磁到低励消失。

3．励磁系统自动停机

当励磁系统收到停机令后，若机组处在并网状态，则自动减磁到空载，若机组解列，则逆变灭磁停机，过 4 秒钟后，若发电机机端电压还未降到零，则自动跳灭磁开关灭磁停机。

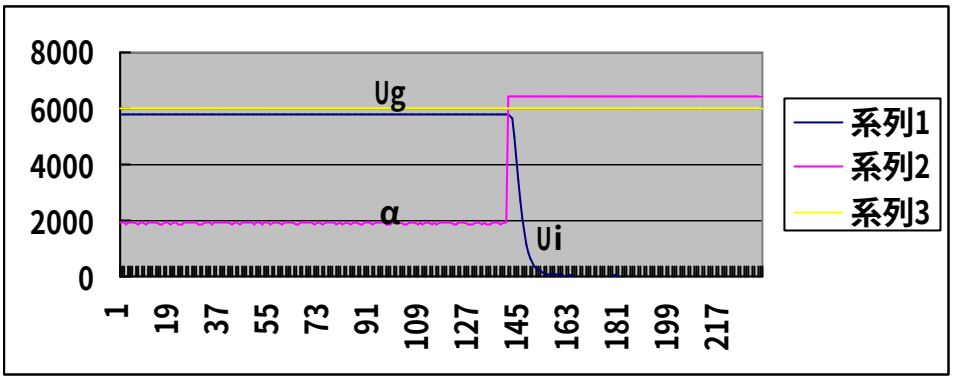
订货须知：订货时请告知励磁电流、励磁电压、机端电压、操作电压、励磁变压器型式，强励倍数，柜体颜色

柜体尺寸

1. 单柜柜体尺寸为高：2260(2360)mm；宽：800mm；厚：800mm。

2. 地脚螺钉的安装尺寸为宽：520mm，厚：654mm。

灭磁曲线图:



阶跃响应时超调电压为：0，**调节时间：**1.5 **秒**.

发电机在额定转速下起励建立空载电压时的波形图